

【特許請求の範囲】

【請求項1】与えられた信号を液晶に印加して表示を行う液晶表示部と、

入力画像信号に対して、前記液晶の印加電圧に対する透過率応答特性を補償するための第1の信号処理を施して前記液晶表示部に与える補償手段と、

前記補償手段の出力を入力とし、この入力に前記液晶の電圧応答特性を近似した特性を用いた第2の信号処理を施して前記補償手段に与える応答予測手段とを具備してなり、

前記第1の信号処理は、前記入力画像信号および前記応答予測手段の出力信号のうちの少なくとも一方により変化される特性を有し、

前記第2の信号処理は、前記補償手段の出力信号により変化される特性を有することを特徴とする液晶表示装置。

【請求項2】前記応答予測手段は少なくとも1つの1フィールド遅延回路を備えた低域通過フィルターであり、前記補償手段は高域強調フィルターであることを特徴とする請求項1に記載の液晶表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、液晶表示装置に関する。

【0002】

【従来の技術】一般に液晶の応答速度は、液晶分子が印加された電界によって立ち上がる速度 t_r と、電界を零にしたときに各分子間の力によって元の状態に復帰する速度 t_d により決まる。これらの速度 t_r , t_d は以下の式で表される。

【0003】

$$t_r = \eta d^2 / (\Delta \epsilon V - K \pi^2) \quad \cdots (1)$$

$$\begin{aligned} \gamma 1 \cdot \partial \theta / \partial t &= f(\theta) (\partial^2 \theta / \partial z^2) \\ &+ (f(\theta) \partial \theta / \partial z) / \partial z \\ &+ g(\theta) (\partial \phi / \partial z)^2 \\ &+ e(\theta) (\partial \phi / \partial z) \\ &+ h(\theta) D z^2 / 4 \pi \end{aligned} \quad \cdots (3)$$

【0008】

$$\begin{aligned} \gamma 1 \cdot \partial \phi / \partial t &= (1 / \cos^2 \theta) \cdot (u(\theta) (\partial \theta / \partial z) \\ &+ v(\theta)) / \partial z \end{aligned} \quad \cdots (4)$$

で記述される。上式は非線形偏微分方程式であり、解析的に解くことはできないが、数値計算により解くことができる。また電極間に印加される入力電圧 V は、 $a =$

$$V = (D z / \epsilon_p) \int_0^d dz / (1 + a \sin^2 \theta) \quad \cdots (5)$$

$$* t d = \eta d^2 / K \pi^2 \quad \cdots (2)$$

ここに、 K は、液晶の発散、ねじれ、曲げの弾性定数をそれぞれ K_1 , K_2 , K_3 としたときに、 $K = K_1 + (K_3 - 2K_2) / 4$ で表される定数である。 $\Delta \epsilon$ は、液晶分子の長軸方向の誘電率 ϵ_s と短軸方向の誘電率 ϵ_p の差 $\epsilon_s - \epsilon_p$ である。 η は液晶分子のねじれ粘性、 d は液晶セルの厚み(セルギャップ)、 V は印加電圧である。

【0004】(1), (2)式から明らかなように、液晶の応答速度を速めるには、 η , d を小さくするか、または K を大きくすればよい。ただし、 η , K は物質定数であり、 d は屈折率の異方性である Δn との兼ね合いで最小透過率が決まつくるので、それ程小さくすることはできない。そこで種々の液晶物質のブレンドによって η , K , Δn 等を変化させて高速応答を実現する努力が続けられている。また、立ち上がり速度 t_r については、 $\Delta \epsilon$ または V を変化させることにより高速化することができる、立ち下がり速度 t_d については、誘電率の異方性が低周波では正、高周波では負であることを利用して、電圧 OFF 時に高周波を重畠して高速化した例が知られている。

【0005】以上のような液晶応答速度の改善は、ON/OFF の二値表示の場合有効であるが、中間調表示を考慮した場合には状況は複雑になる。その事情を図面を参照して以下に説明する。

【0006】図3は電極141, 142間の一つの液晶分子143を示している。液晶分子143は、 x 軸に対して θ 、 x 軸に対して ϕ 傾いており、この状態で液晶分子143に z 軸方向の電界がかかったときの流体力学方程式は、

【0007】

* 【数1】

$$\begin{aligned} &+ (f(\theta) \partial \theta / \partial z) / \partial z \\ &+ g(\theta) (\partial \phi / \partial z)^2 \\ &+ e(\theta) (\partial \phi / \partial z) \\ &+ h(\theta) D z^2 / 4 \pi \end{aligned} \quad \cdots (3)$$

40 【数2】

$$\begin{aligned} &+ v(\theta) / \partial z \\ &+ u(\theta) (\partial \theta / \partial z) \end{aligned} \quad \cdots (4)$$

$(\epsilon_s - \epsilon_p) / \epsilon_p$ として、

【0009】

* 【数3】

で表される。 D_z は電束密度である。

【0010】以上の(3)～(5)式を連立して解くことにより、入力電圧変化による液晶分子の過渡応答特性を求めることができる。これらの式から、液晶分子の時間的变化量は、入力電圧に依存することがわかる。このようにして求められた液晶分子の時間的变化量 $\theta(z, t)$ および $\phi(z, t)$ を Barnam の 4×4 マトリクスに入れて解くことにより、最終的な光学応答特性を導出することができる。

【0011】一方、図4は液晶の透過率-入力電圧特性を示している。この特性から、通常、 $100/1$ のコントラスト比をとるために、ノーマリ・ホワイトの場合で5V程度の入力振幅を必要とするが、中間調レベルだけを考えると、振幅は1.5～2Vになる。以上のこととは、中間調レベル表示においては、応答速度が二値表示の場合より遅くなることを示している。このことは、液晶をTV等のフルカラー表示に用いた場合問題になる。

【0012】すなわち液晶表示装置をTV等のフルカラー表示に用いる場合、中間調レベルでの応答速度を10 msec程度にする必要があるが、現状は二値表示でも20 msec程度にしかなっていない。このため、動画表示には著しく残像が目立ち、高画質が得られない。

【0013】以上のように従来の液晶表示装置では、中間調レベルでの応答速度が十分でなく、TV等のフルカラー表示に用いた場合に高画質が得られないという問題があった。

【0014】一方、これを改善するために、例えば図5に示すような液晶表示装置が提案されているが、この液晶表示装置にも以下のような問題点がある。なお、図5において、入力画像信号 $S(t)$ は、ビデオ信号をR, G, Bに分解した後の信号であるが、R, G, B信号に対して同じ処理になるので、ここではそのうちの1チャネルのみ示している。

【0015】入力画像信号 $S(t)$ は、少なくとも1フィールド分の画像信号を記憶する画像用記憶回路101に保持される。差分器102は、入力画像信号 $S(t)$ と画像用記憶回路101とから、対応する各画素信号の差をとるもので、1フィールドの間の信号レベルの変化を検出するレベル変動検出回路となっている。この差分器102から得られる時間軸方向の差信号 $S_d(t)$ は、入力画像信号 $S(t)$ と共に時間軸フィルタ回路103に入力される。

【0016】時間軸フィルタ回路103は、差信号 $S_d(t)$ に応答速度に応じた重み係数 α をかける重み付け回路132と、重み付けられた差信号と入力画像信号 $S(t)$ を加算する加算器131とから構成されている。これはレベル変動検出回路の出力と入力画像信号の各画素の入力レベルによりフィルタ特性が変化させられる適応型フィルタ回路である。この時間軸フィルタ回路103によって入力画像信号 $S(t)$ は時間軸方向の高域が

強調される。こうして得られた高域強調信号は、極性反転回路104によって交流信号に変換されて液晶表示部105に供給される。液晶表示部105は、複数本のデータ信号配線とこれと交差する複数本の駆動信号配線の各交差部に表示電極を持つ、アクティブマトリクス方式の液晶表示部である。

【0017】図6は、図5に示す従来の液晶表示装置により応答特性が改善される様子を示す信号波形である。説明をわかりやすくするため入力画像信号 $S(t)$ が1フィールド周期で変化するものとし、図では2フィールドで信号レベルが急激に変化している場合を示している。この場合時間軸方向の入力信号変化すなわち差信号 $S_d(t)$ は図に示すように、入力画像信号が正に変化するときに1フィールド間正になり、負に変化するときに1フィールド間負になる。基本的にはこの差信号を入力信号に加えることにより、高域強調ができる。しかしながら実際には、液晶の応答速度によって入力信号変化がどの程度液晶セルの透過率変化になるかが変わってくるので、オーバーシュートが生じない範囲で補正するように重み係数 α をかける。これにより図示のような高域が強調される信号が液晶表示部に入力されることにより、光学応答特性 $I(t)$ は、破線で示す従来のものに対して実線で示すように改善される。

【0018】具体的には、図7に示すように液晶の伝達関数を $H_{LCD}(\omega t)$ とすると、高域強調関数 $H_C(\omega t)$ が掛けられた後の周波数特性 $H_t(\omega t)$ は以下のようになる。

【0019】

$$H_t(\omega t) = H_{LCD}(\omega t) \cdot H_C(\omega t)$$

$$H_C(\omega t) = \alpha \{ 1 - \exp(j \cdot 2\pi \omega t / \omega_C) \} + 1$$

$$\omega_C = 2\pi / 60$$

すなわちこの従来例では、 $H_t(\omega t)$ が広帯域化できるように、 $H_{LCD}(\omega t)$ が低下するところを $H_C(\omega t)$ により補償することになる。実際にこの特性を求める、あるいは重み係数 α を決めるためには、従来技術で説明した液晶分子のダイナミック特性を記述する式

(3)～(5)を α をパラメータとして解いていくことになる。

【0020】しかし、さらに応答速度が遅い場合や駆動電圧に制限があり1フィールド後に目的の輝度に達成していない場合には、入力の1フィールド遅延信号と実際の1フィールド後の信号電圧が等しくなくなり、誤差が生じる。その結果、図5に示す従来の液晶表示装置を用いた場合、高域強調量が不足し最高の応答速度を得ることができないという欠点があった。

【0021】一方、液晶材料には色々な種類があり、最近高分子分散型液晶(以後PDL C)が偏光板を使わないと高輝度で広視野角であるとして注目されている。

5

しかし、P D L C は以下の問題がある。

【0022】(1) 入出力特性にヒステリシス特性がある。

【0023】(2) 中間調の応答速度が遅い。

【0024】(3) しきい値 V_{th} の温度特性が悪い。

【0025】P D L C の入出力特性の一例を図8に示す。この図は駆動電圧がある電圧から異なる電圧に変化するときの特性を示している。この図より駆動電圧が変化する方向と基準となる電圧により特性が変化するヒステリシス特性を示していることがわかる。このような特性があると同じ電圧を加えても違った透過率となってしまうため、画像が忠実に再生されない。

【0026】次にP D L C の実際の特性を図9に、応答特性を図10に示す。応答特性は、図10の黒四角で示されるように2値駆動時ではある程度良いが、その他の中間調を表示する場合は極端に悪化する。

【0027】

【発明が解決しようとする課題】以上のように、従来の液晶表示装置では、液晶の電圧応答特性が悪いとき、あるいは液晶の電圧・透過率特性にヒステリシスがあるときは、中間調表示を含む動画に対する液晶の応答性、忠実度を十分補償できないという問題があった。

【0028】本発明は、このような点に鑑みなされたもので、応答特性が良く忠実に動画を再現できる液晶表示装置を提供することを目的とする。

【0029】

【課題を解決するための手段】本発明にかかる液晶表示装置は、与えられた信号を液晶に印加して表示を行う液晶表示部と、入力画像信号に対して前記液晶の印加された電圧に対する透過率の応答特性を補償するための第1の信号処理を施して前記液晶表示部に与える補償手段と、前記補償手段の出力を入力とし、この入力に前記液晶の電圧応答特性を近似した特性を用いた第2の信号処理を施して前記補償手段に与える応答予測手段とを具備してなり、前記第1の信号処理は、前記入力画像信号および前記応答予測手段の出力信号のうちの少なくとも一方により変化される特性を有し、前記第2の信号処理は、前記補償手段の出力信号により変化される特性を有することを特徴とする。

【0030】液晶の電圧応答特性が悪いときには、前記応答予測手段には少なくとも1つの1フィールド遅延回路を備えた低域通過フィルターを用い、前記補償手段には高域強調フィルターを用いると好ましい。

【0031】また、液晶の電圧応答特性が悪く、しかも電圧・透過率特性にヒステリシスがあるときは、前記応答予測手段には少なくとも1つの1フィールド遅延回路を備えた低域通過フィルターを用い、前記補償手段が前記液晶の電圧と透過率との間のヒステリシス特性の逆特性を有するように構成すると好ましい。さらに、前記応答予測手段には少なくとも1つの1フィールド遅延回路

6

を備えた低域通過フィルターを用い、前記補償手段が前記液晶の電圧と透過率との間のヒステリシス特性および非線形特性(ガンマの特性)の逆特性を有するように構成することも可能である。

【0032】

【作用】本発明によれば、前記応答予測手段により得られる液晶の電圧応答特性の予測値を考慮して、前記補償手段は当該液晶の印加電圧に対する透過率応答特性を補償するための処理を入力画像信号に対して施す。

【0033】したがって、画像の輝度およびその変化が激しい動画、特にTV画像に対しても、ヒステリシス特性や残像等の特性を改善でき、忠実な輝度を再現することができる。

【0034】

【実施例】以下、図面を参照しながら、本発明の実施例を説明する。

【0035】図1は、本発明の第1の実施例の要部構成を示す。同図における入力画像信号は、ビデオ信号をR、G、Bに分解した後の信号であるが、R、G、B信号に対して同じ処理を行うので、ここではそのうちの1チャンネルのみ示している。

【0036】この特性補償回路は、入力画像信号 X_n に対して液晶の印加電圧に対する透過率応答特性を補償するための処理を施す信号処理部2、および、この信号処理部2の出力 Z_n に対して図示しない表示部に含まれる液晶の電圧応答特性を近似した入出力特性による処理を施し、その出力信号 Y_{n-1} を対応する液晶の応答電圧の予測値として当該信号処理部2にフィードバックするための応答予測部4からなる。

【0037】信号処理部2に設けられた図示しない記憶手段、例えばROMには、入力画像信号 X_n および応答予測部4からの信号 Y_{n-1} に従って決定される補正特性がテーブル化されて格納されており、信号処理部2は、このテーブル値に従って、入力画像信号 X_n の電圧を調整して出力する。この補正の内容は、例えば液晶としてP D L C を用いた場合は図8に示したようなヒステリシス特性の逆特性である。すなわち、図8の静特性より明らかのように、変化する前の液晶の電圧、および、変化した後の電圧(または変化前後の電圧差)により、変化

後の透過率(輝度)が決定されるので、変化前の電圧を予測した応答予測部4の出力電圧 Y_{n-1} と入力画像信号の電圧値 X_n とから、入力画像信号の電圧値 X_n を予め前記テーブル値に従って調整しておくことで、同一の入力電圧値に対して液晶が同一の透過率を示すように補償する。

【0038】ここで、液晶の電圧応答特性が1フィールド後に安定する場合は、補正特性テーブルは図10の特性だけを基にして作成すれば良いが、図10に示したように電圧応答特性が悪い場合は、駆動電圧と透過率特性の対応が図8では表せなくなるので、電圧応答特性に応

じて異なる特性図を設けることが好ましい。すなわち、液晶のヒステリシス特性および電圧応答特性の両方を加味した補正特性をテーブル化すれば良いわけである。

【0039】応答予測部4は、前述のように液晶の電圧に対する応答を予測するための手段である。通常、液晶の応答特性は低域通過フィルター（以下、LPF）で近似することができるが、実際の液晶の応答特性は電圧レベルによって特性が異なるので、このLPFも電圧レベル依存型のLPF群として近似した。このLPF群の構成は色々考えられるが、その一例として図1では係数 α を電圧レベルにより変化させる構成を採用した。すなわち、この応答予測部4は、少なくとも1フィールド分の画像信号を記憶するための画像用記憶回路6、重み係数 $1/(\alpha+1)$ を乗ずるための第1の重み係数乗算器8、重み係数 $\alpha/(\alpha+1)$ を乗ずるための第2の重み係数乗算器10および加算器12からなる。この回路では、加算器12の出力 Y_n が信号処理部2の出力 Z_n に対応する液晶の電圧応答の予測値となり、フィールドメモリ6の出力 Y_{n-1} が1フィールド前の予測値すなわち入力画像信号 X_n に対する液晶の初期電圧となる。この時のLPFの出力 Y_n は、以下のようになる。

$$Y_n = \{\alpha/(\alpha+1)\} * Y_{n-1} + \{1/\alpha\} * Z_n$$

このようにすれば、実際の1フィールド後の液晶の応答電圧がこのLPF出力として近似でき、この電圧を次のフィールドでの初期電圧として正確な特性シミュレートを行うことができる。

【0041】以上のような構成において、入力画像信号 X_n は信号処理部2において1画素の電圧信号毎に、これらが印加される液晶が初期電圧にかかわりなく同一の入力電圧に対して同一の透過率を示すようにその電圧値が調整される。信号処理部2の出力は、図示しない極性反転回路を経由して液晶表示部に与えられると共に、応答予測部4へ与えられる。

【0042】一方、応答予測部4は、この信号に液晶の電圧応答特性を近似した低域通過処理を施し、1フィールド分遅延した出力を信号処理部2にフィードバックする。

【0043】以下、順次、1フィールド分の入力画像信号毎に、信号処理部2は与えられた当該入力画像信号 X_n と応答予測部4からの信号 Y_{n-1} を基に、当該入力画像信号 X_n に前述のような特性補償のための処理を施して出力する。

【0044】したがって、電圧・透過率特性にヒステリシスがある液晶を用いた場合であっても、また、加えてその液晶の電圧応答特性が悪い場合であっても、本発明では、忠実に動画を再現することが可能となる。

【0045】なお、上述した補正特性が近似式を用いてパラメトリックに表せるときは、前記補正テーブルを用

いる代わりに、そのような近似式で表される入出力特性を有する補正回路を用いても良い。

【0046】ここで、従来は、液晶の入出力特性が非線形であるために、最終透過率精度として8ビット精度を得るために、駆動電圧精度としては10ビットが必要であり、その信号に補正を行なおうとすると10ビットの信号処理となり大幅に回路規模が増大した。しかし、本発明に基づいて、信号処理部2の記憶手段の中に逆の非線形特性（ガンマの特性）およびヒステリシス補正特性をテーブル化するように構成すれば、入力8ビットで最終出力のみ10ビットとなり、10ビットの信号処理を大幅に低減することができる。このように、補正特性を一括してROMテーブル化する手法は、ビット精度を上げるだけでなく、有効な回路規模低減法である。

【0047】次に、本発明に係る第2の実施例について説明する。図2には、本実施例の要部構成を示す。ここでは、図1と同様、R, G, B信号のうちの1チャンネルのみ示している。

【0048】この実施例では、ヒステリシス補正特性は有しないが、印加された電圧に対する電圧応答性が悪く、次のフィールドまでに応答しきれない液晶に対して図1と同じように応答特性をLPFで近似して高域強調フィルターでの強調量の誤差を低減しようとするものである。すなわち、この特性補償回路は、入力画像信号 X_n に対し、液晶の印加電圧に対する透過率応答特性を補償するための処理を施す信号処理部22、および、この信号処理部22の出力 Z_n に対して図示しない表示部に含まれる液晶の電圧応答特性を近似した入出力特性による処理を施し、その出力信号 Y_{n-1} を1フィールド後の液晶の応答電圧の予測値として当該信号処理部22にフィードバックするための応答予測部24からなる。なお、本実施例は第1の実施例とほぼ同様の構成を有しており、特に応答予測部24に関しては同一の構成であるので、対応する部分には同一番号を付して詳細な説明は省略する。

【0049】本実施例では、液晶はヒステリシス補正特性を有しないので、液晶の印加電圧に対する透過率応答特性の補償とは、すなわち液晶の印加電圧に対する電圧応答特性の補償となるので、前述の第1の実施例において用いた補正テーブルを用いずに、信号処理部22として高域強調フィルターを用いて処理の高速化を図る。すなわち、この信号処理部22は、入力画像信号 X_n と応答予測部24の出力 Y_{n-1} との差分をとる差分器22、この差分器22の出力に対して強調量 β を乗じる強調量乗算器32、入力画像信号 X_n とこの強調量乗算器20の出力を加算して出力する加算器24からなる。

【0050】強調量 β は、応答予測部24からの予測電圧 Y_{n-1} と入力画像信号 X_n の電圧に対応して、液晶の応答の時間軸特性を最適化するようにあらかじめ決定しておく。この時の高域強調フィルターの特性は、以下の

9

式で表される。

$$【0051】 Z_n = \beta * (X_n - Y_{n-1}) + X_n = (\beta + 1) * X_n - \beta * Y_{n-1}$$

$$\beta = \beta (Z_n)$$

一方、応答予測部24のL P Fとしての出力 Y_n は、第1の実施例と同様、以下のようになる。

$$【0052】 Y_n = \{\alpha / (\alpha + 1)\} * Y_{n-1} + \{1 / (\alpha + 1)\} * Z_n$$

$$\alpha = \alpha (Z_n)$$

以上のような構成において、信号処理部22には、画像信号 X_n が与えられると共に、1フィールド後の実際の駆動電圧を予測フィルターとして働く応答予測部4の出力 Y_{n-1} が与えられる。入力画像信号 X_n は、信号処理部22により、この応答予測部4からの予測電圧 Y_{n-1} と入力画像信号の電圧値 X_n により決定された強調量 β を用いた高域強調処理が施され、図示しない極性反転回路を経由して液晶表示部に与えられる。

【0053】しかし、それでも1フィールド後には目的の透過率に達成できない場合はその予測値 Y_{n-1} をL P Fにより決定し記憶しておく。これを繰り返すことで応答速度が遅い場合でも最適な制御ができる。

【0054】ここで、 $\alpha = \beta$ ならば最終的な透過率出力 Y_n は

$$Y_n = X_n$$

となり、入力に等しくなり、完全に追従する。

【0055】この例では、液晶の応答特性を1次のL P Fで近似したが、実際の液晶の応答特性はより低域および高域成分を含んだ複雑な形であるので、1フィールド毎の制御では完全に補償することができない。そこで、 $\alpha = \beta$ が最適制御ではなくなり、さらに人間の視覚特性がバンドパスフィルターやローパスフィルター特性を持つことから、視覚も含めた特性としてはオーバーシュートを持たせて少し過補償気味の方が良い制御といえる。

【0056】このように、本発明によれば、液晶の電圧応答を予測して入力画像信号に液晶の特性を補償するための信号処理を施すので、従来の液晶表示装置では補償

10

しきれなかった遅い応答速度を有する液晶についても十分補償をすることができ、画像の輝度およびその変化が激しい動画特にTV画像に対しても忠実な輝度を再現することができる。

【0057】なお、設計上の都合などによって、信号処理部22として高域強調特性をテーブル化した補正ROMを用いても構わない。

【0058】また、本発明は上述した各実施例に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で、種々変形して実施することができる。

【0059】

【発明の効果】以上詳細に説明してきたように、本発明によれば、応答性の悪い液晶や過去の状態によって特性の変化する液晶に対して、応答性も含めて最適な補正を行うことができるため、動画に対する応答性および再現性が良い高画質な液晶表示装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例の構成を示す図

【図2】本発明の第2の実施例の構成を示す図

【図3】液晶の応答速度を説明するための図

【図4】液晶の透過率の入力電圧依存性を示す図

【図5】従来の液晶表示装置の概略構成を示す図

【図6】従来の駆動波形と効果を示す図

【図7】従来の補正特性を示す図

【図8】高分子分散型液晶材料の入出力特性の例を示す図

【図9】実際の高分子分散型液晶材料の入出力特性を示す図

【図10】高分子分散型液晶材料の応答特性を示す図

【符号の説明】

2…信号処理部

4…応答予測部

6…画像用記憶回路

8…第1の重み係

数乗算器

1.0…第2の重み係数乗算器

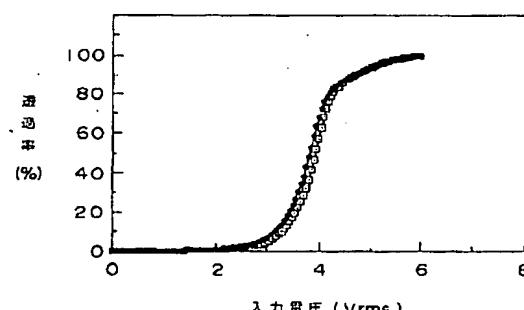
1.2…加算器

2.0…強調量乗算器

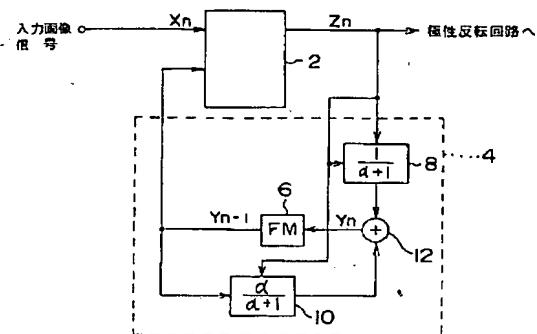
2.2…差分器

2.4…加算器

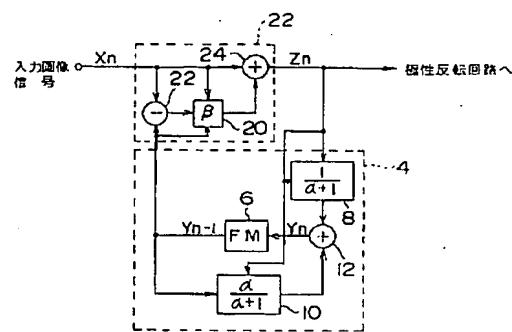
【図9】



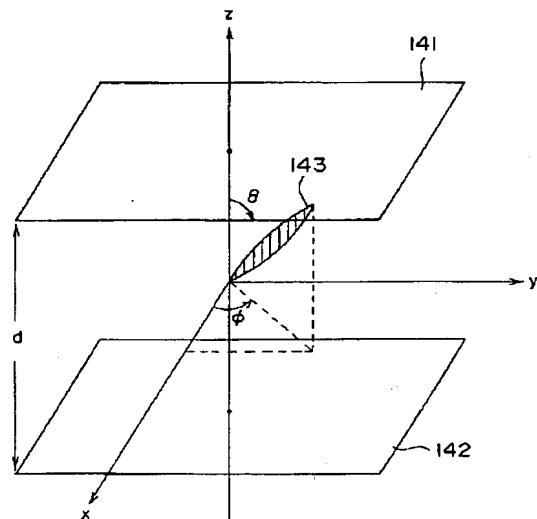
【図 1】



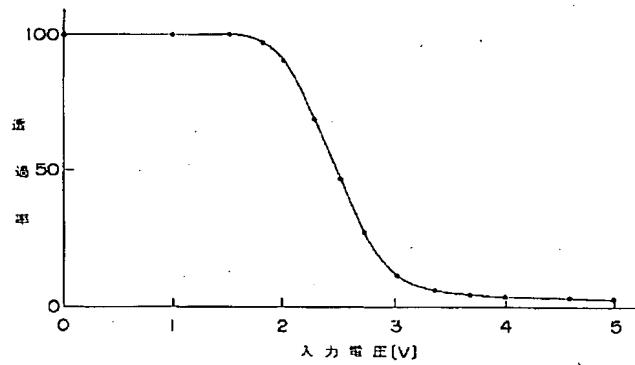
【図 2】



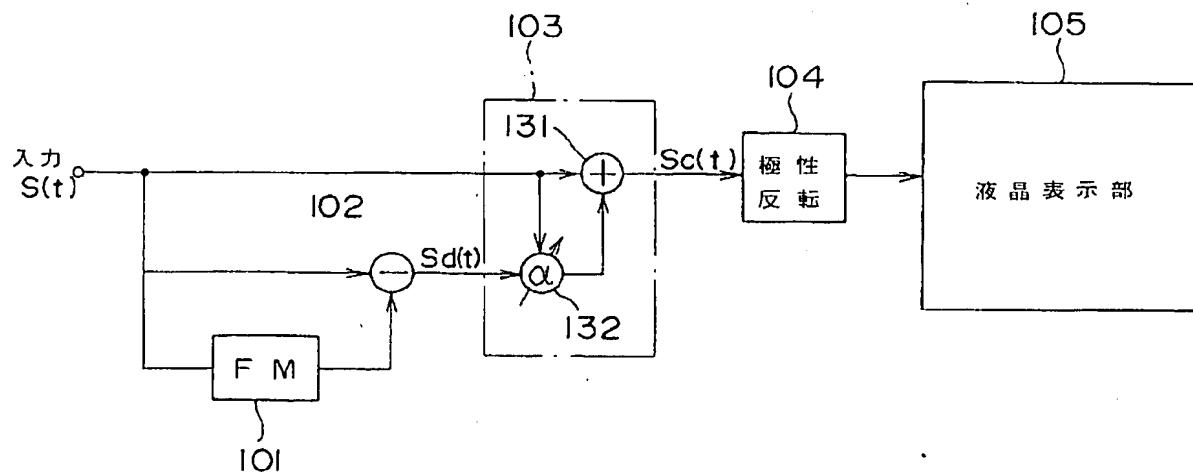
【図 3】



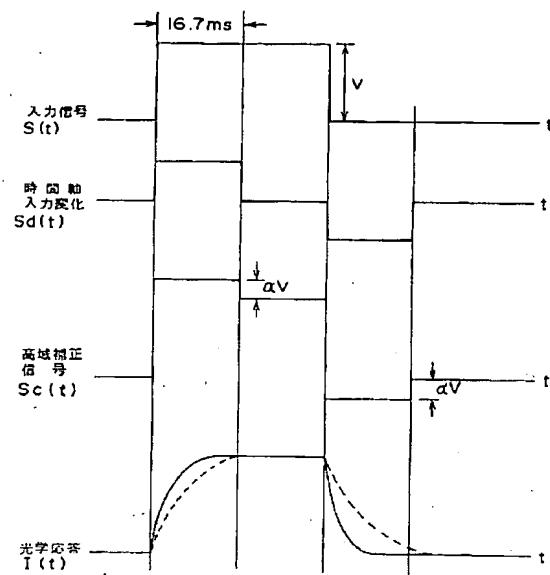
【図 4】



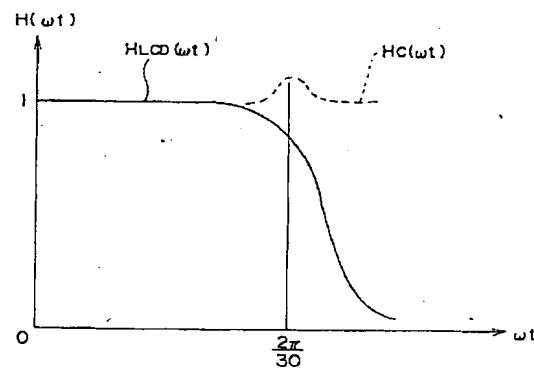
【図 5】



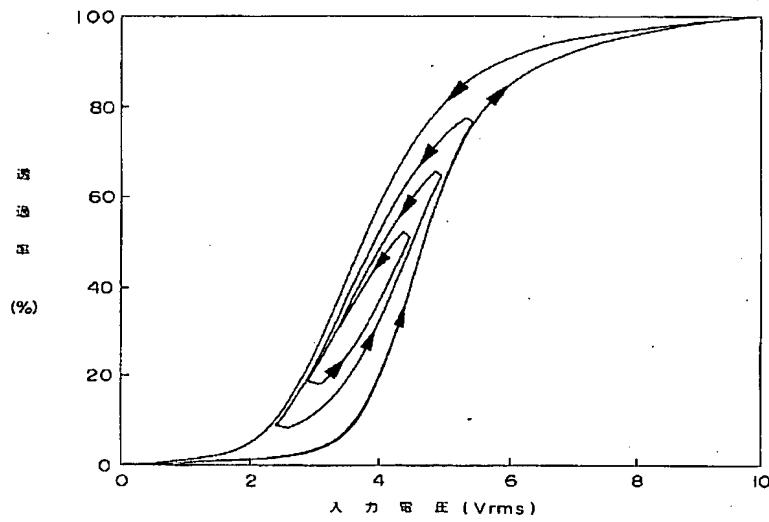
【図6】



【図7】



【図8】



【図10】

